

Unexamined Patent Application Publication

5 Publication No.: H7-131034

Date of Publication: May 19, 1995

Application No.: H6-238505

Date of Filing: September 6, 1994

Priority Application No.: H5-246410

10 Priority Date: September 7, 1993

Priority Country: Japan (JP)

Applicant: Semiconductor Energy Laboratory

Inventor: Yasuhiko TAKEMURA

Title of the Invention: Method of manufacturing
15 semiconductor device

Abstract:

Object: To provide a crystalline silicon film having superior characteristics.

Constitution: An amorphous silicon film is crystallized
20 by a means such as thermal annealing, optionally pattern-etched to have an island shape, and then the film is irradiated with strong light having a wavelength of visible light or near infrared light, so that crystallinity of the silicon film is improved for a short period of time and its
25 film density becomes higher.

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 29/786				
21/336				
21/20		8122-4M		
		9056-4M	H 0 1 L 29/ 78	3 1 1 Y
			21/ 26	L
審査請求 未請求 請求項の数33 F D (全 10 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平6-238505

(22) 出願日 平成6年(1994)9月6日

(31) 優先権主張番号 特願平5-246410

(32) 優先日 平5(1993)9月7日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 竹村 保彦

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

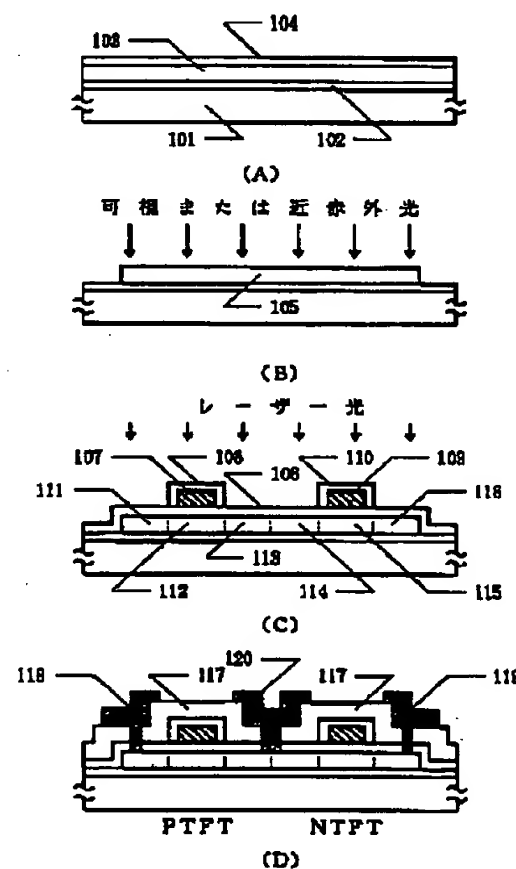
導体エネルギー研究所内

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【要約】

【目的】 特性の優れた結晶性珪素膜を得る。

【構成】 非晶質珪素膜を熱アニール等の手段によって結晶化させ、必要によっては、これを島状にバターニング・エッチングした後、可視光線もしくは近赤外線等の波長の強光を照射することによって、短時間で珪素膜の結晶性を向上させ、緻密化する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 近赤外線または可視光線を0.1～10%吸収するガラス基板上に非単結晶珪素膜を形成する第1の工程と、

前記非単結晶珪素膜を結晶化せしめる第2の工程と、
前記非単結晶珪素膜を島状にパターニングする第3の工程と、

該工程にひき続いて強光の照射によって結晶化を助長させる第4の工程と、

を有する半導体装置の作製方法。

【請求項2】 請求項1において、第4の工程において用いられる強光の中心波長は近赤外線または可視光線であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】 請求項1において、第2の工程によって得られる結晶化した珪素膜の結晶化率は1～50%であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項4】 請求項1において、第2の工程は熱アニールによっておこなわれることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項5】 請求項4において、熱アニールの温度は520～650℃であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項6】 請求項4において、熱アニールの温度が、ガラス基板の歪点より低い温度であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項7】 請求項1において、第2の工程または第3の工程の後に、

前記島状の非単結晶半導体珪素膜を覆って、第4の工程において用いられる強光を透過する絶縁性の被膜を形成する工程、

を有する半導体装置の作製方法。

【請求項8】 請求項1において、珪素が $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ のドーズ量でイオン注入された半導体膜であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項9】 請求項1の第2の工程において結晶化した非単結晶珪素膜は、結晶化を促進する金属元素を有し、SIMSで分析した際、珪素膜における濃度の最小値が $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項10】 請求項1において、第4の工程の後、水素雰囲気中、200～450℃での熱アニールまたは水素のイオンドーピング法で水素を添加して、珪素の不対結合手を中和する工程を有することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項11】 請求項4において、熱アニール終了後、該アニール温度から、450℃まで、2～200℃/秒の速度で基板を冷却することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項12】 請求項1において、非単結晶珪素膜はガラス基板の表面に形成された薄膜上に形成されること

を特長とする半導体装置の作製方法。

【請求項13】 請求項1において、ガラス基板は絶縁表面を有することを特長とする半導体装置の作製方法。

【請求項14】 請求項4において、熱アニールをおこなう時間が1～4時間であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項15】 請求項2において、強光の中心波長が、 $4 \mu\text{m} \sim 0.6 \mu\text{m}$ であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

10 【請求項16】 近赤外線または可視光線を0.1～10%吸収するガラス基板上に非単結晶珪素膜を形成する第1の工程と、

前記非単結晶珪素膜を結晶化させる第2の工程と、
前記第2の工程後、強光を前記非単結晶珪素膜に照射することによって、結晶化を助長させる第3の工程と、
を有する半導体装置の作製方法。

【請求項17】 歪点が550～680℃であるガラス基板上に $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ のドーズ量で珪素がイオン注入された非単結晶珪素膜を形成する第1の工程と、

前記非単結晶珪素膜を結晶化させる第2の工程と、
該工程にひき続いて強光の照射によって結晶化を助長させる第3の工程と、

を有し、前記第3の工程において、基板の昇温・降温の際に、ガラスの歪点よりも50～200℃低い温度によるプレヒートやポストヒートをおこなう時間が設けられていることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項18】 請求項15もしくは16において、第3の工程において用いられる強光の中心波長は近赤外線または可視光線であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項19】 請求項15もしくは16において、第2の工程によって得られる結晶化した珪素膜の結晶化率は1～50%であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項20】 請求項15もしくは16において、第2の工程は熱アニールによっておこなわれることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項21】 請求項19において、熱アニールの温度は520～650℃であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項22】 請求項15もしくは16の第2の工程において結晶化した非単結晶珪素膜は、結晶化を促進する金属元素を含有し、SIMSで分析した際、珪素膜中におけるその濃度の最小値が $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項23】 請求項19において、熱アニール終了後、該アニール温度から、450℃まで、2～200℃/秒の速度で基板を冷却することを特徴とする半導体装置の作製方法。

のバルクや表面の特性が好ましくないからである。

【0017】そこで、本発明では、この珪素膜を第2の工程のRTAによって結晶性の良好な珪素膜に変換する。RTAによって、珪素膜を加熱し、結晶化した珪素膜の結晶性をさらに向上させる、同時に膜質を緻密化することができる。この際、結晶化度の低い珪素膜の場合には、第1の工程で生成した結晶核からその周囲の非晶質領域へ結晶を拡げることが可能である。このような場合には結晶化が比較的長距離にわたって進行し、粒界等を減らすうえで効果的である。このようにして結晶性を高めることによって、薄膜トランジスタ(TFT)に用いられるような90%以上の面積が結晶化した良質な珪素膜とすることができる。

【0018】ただし、かようなRTAにおいては、局所的に急激な温度変化が伴うので、珪素膜と基板の間の熱膨張率の違い、珪素膜表面と基板と珪素膜界面との温度の違いなどから、珪素膜が剥離することも多々ある。特にこれは、膜の面積が基板全面にわたるような大きな場合に顕著である。したがって、上記のように第2の工程において、膜を十分に小さな面積に分断し、また、余分な熱を吸収しないように膜と膜との間隔を十分に広くすることによって、膜の剥離等を防止することができる。また、このようにすると基板表面全面が珪素膜を通じて加熱されることがないので、基板が熱的に収縮することは最低限に抑えられる。

【0019】本発明では、特にガラス基板上に形成された珪素膜に対しては、第2の工程(RTA工程)において、0.6~4 μ mの波長の光を照射することが好ましい。この波長の光は低度に結晶化させた真性または実質的に真性(燐またはホウ素が 10^{17} cm $^{-3}$ 以下)の珪素膜に対し、有効に光を吸収し、熱に変換される。また、10 μ m以上の波長の遠赤外光はガラス基板に吸収され、ガラス基板を加熱するが、4 μ m以下の波長が大部分の場合はガラスによる吸収は0.01~10%であるので、加熱が極めて少ない。すなわち、低度の結晶性を有する珪素膜を結晶化させ、かつ、基板に甚大な影響を及ぼさないためには、0.6~4 μ mの波長が有利である。

【0020】

【実施例】〔実施例1〕本実施例は図1(A)~(D)に示されるガラス基板上に形成された結晶性珪素膜を用いたPチャネル型TFT(PTFTという)とNチャネル型TFT(NTFTという)とを相補型に組み合わせた回路を形成する例である。本実施例の構成は、アクティブ型の液晶表示装置の画素電極のスイッチング素子や周辺ドライバー回路、さらにはイメージセンサや3次元集積回路に応用することができる。

【0021】図1に本実施例の作製工程の断面図を示す。まず、基板(コーニング7059)101上にスパッタリング法によって厚さ2000Åの酸化珪素の下地

膜102を形成した。基板は、下地膜の成膜の前もしくは後に、歪点よりも高い温度でアニールをおこなった後、0.1~1.0℃/分で歪点以下まで徐冷すると、その後の温度上昇を伴う工程(本発明の赤外光照射を含む)での基板の収縮が少なく、マスク合わせが容易となる。コーニング7059基板では、620~660℃で1~4時間アニールした後、0.1~1.0℃/分、好ましくは、0.03~0.3℃/分で徐冷し、400~500℃まで温度が低下した段階で取り出すとよい。

10 【0022】そして、プラズマCVD法によって、厚さ300~1500Å、例えば800Åの真性(I型)の非晶質珪素膜103を成膜した。さらに、その上にプラズマCVD法によって厚さ100~800Å、例えば200Åの酸化珪素膜104を堆積した。これは、以下の熱アニール工程において保護膜となり、膜表面の荒れを防止する。

20 【0023】次に、窒素雰囲気下(大気圧)、600℃で4時間、熱アニールした。この熱アニールによって、珪素膜中の余剰の水素は放出され、膜は低度の結晶性を呈することとなった。ただし、珪素膜をラマン散乱分光法によって分析しても、90%以上が結晶化している多結晶珪素被膜のように、明確に珪素結晶に起因するピークを認めることはできなかった。このときの膜の結晶性は、結晶成長用の核発生が少なくともおこなわれ、結晶化した面積が50%以下、代表的には1~10%の面積しか結晶化していない状態である。TEM(透過型電子顕微鏡)による観察では1000Å以下、典型的には20~100Åの微細な結晶が観察された。この結晶化を3~30倍程度に核成長させるには、この珪素膜に、予めイオン注入法によって $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{16}$ cm $^{-2}$ のドーズ量で珪素イオンを注入しておくことが有効であった。(図1(A))

30 【0024】この工程の後に、珪素膜をパターニング・エッチングして、TFTの島状の活性層105を形成した。活性層105の大きさはTFTのチャネル長とチャネル幅を考慮して決定される。小さなものでは、50 μ m \times 20 μ m、大きなものでは100 μ m \times 1000 μ mであった。このような活性層を基板上に多く形成した。

40 【0025】そして、0.6~4 μ m、ここでは0.8~1.4 μ mにピークをもつ赤外光を30~180秒照射し、活性層の結晶化をおこなった(RTA工程)。温度は800~1300℃、代表的には900~1200℃、例えば1100℃とした。活性層の表面の状態を良くするために、照射はH $_2$ 雰囲気中でおこなった。本工程は、活性層を選択的に加熱することになるので、ガラス基板への加熱を最小限に抑えることができる。そして、活性層中の欠陥や不体結合手を減少させるのに非常に効果がある。(図1(B))

50 【0026】赤外線的光源としてはハロゲンランプを用

いた。可視・近赤外光の強度は、モニターの単結晶シリコンウェハー上の温度が800～1300℃、代表的には900～1200℃の間にあるように調整した。具体的には、シリコンウェハーに埋め込んだ熱電対の温度をモニターして、これを赤外線的光源にフィードバックさせた。ガラス基板上の珪素表面の温度は、その約2/3程度に低下しているものと推定される。本実施例では、昇温・降温は、図4(A)もしくは(B)のようになつた。昇温は、一定で速度は50～200℃/秒、降温は自然冷却で20～100℃であつた。

【0027】図4(A)は一般的な温度サイクルで、昇温時間a、保持時間b、降温時間cの3つの過程からなる。しかし、この場合には試料は室温から1000℃もの高温へ、さらに高温状態から室温へと急激に加熱・冷却されるので、珪素膜や基板に与える影響が大きく、珪素膜の剥離の可能性も高い。

【0028】この問題を解決するためには、図4(B)のように、保持に達する前に、プレヒート時間dやポストヒート時間fを設け、保持時間に達する前にガラス基板の歪点よりも50～200℃低い温度、例えば400～700℃の基板や膜に大きな影響を与えない温度に保持しておくことが望ましい。プレヒート時間dやポストヒート時間fとしては、30秒～30分が好ましかった。特に、300×400mm²、400×600mm²の大面积基板では局所的に熱膨張、収縮しないよう均一な温度であることが望ましい。

【0029】なお、可視・赤外光照射の際、その表面に保護膜として酸化珪素または窒化珪素膜を形成しておくこととよい。これは、珪素膜105の表面の状態を良くするためである。本実施例では、珪素膜105の表面の状態を良くするために、H₂雰囲気中にておこなったが、H₂雰囲気に0.1～10容量%のHCl、その他ハロゲン化水素やフッ素や塩素、臭素の化合物を混入してもよい。

【0030】可視・近赤外光照射は、結晶化した珪素膜を選択的に加熱することになるので、ガラス基板への加熱を最小限に抑えることができる。そして、珪素膜中の欠陥や不体結合手を減少させるのに非常に効果がある。また、上記RTA工程が終了したのちに、200～500℃、代表的には350℃で水素アニールをおこなうことも、欠陥を減少させる上で有効である。これは1×10¹³～1×10¹⁶cm⁻²の量の水素のイオンドープをおこない、さらに200～300℃の熱処理によっても同じ効果が得られる。

【0031】RTA工程後に、プラズマCVD法によって厚さ1000Åの酸化珪素膜106をゲイト絶縁膜として成膜した。CVDの原料ガスとしてはTEOS(テトラ・エトキシ・シラン、Si(OC₂H₅)₄)と酸素を用い、成膜時の基板温度は300～550℃、例えば400℃とした。

【0032】このゲイト絶縁膜となる酸化珪素膜106の成膜後に、前記RTA工程と同じ条件で可視・近赤外線の照射を再度行なつた。この可視・近赤外線の照射によって、主に酸化珪素膜106と珪素膜105との界面及びその近傍における準位を消滅させることができた。これは、ゲイト絶縁膜とチャネル形成領域との界面特性が極めて重要である絶縁ゲイト型電界効果半導体装置にとっては極めて有用である。

【0033】引き続き、スパッタリング法によって、厚さ6000～8000Å、例えば6000Åのアルミニウム(0.01～0.25%の周期律表III aの希土類元素を含む)を成膜した。そしてアルミニウム膜をエッチングして、ゲイト電極107、109を形成した。さらに、このアルミニウムの電極の表面を陽極酸化して、表面に酸化物層108、110を形成した。この陽極酸化は、酒石酸が1～5%含まれたエチレングリコール溶液中で行った。得られた酸化物層108、110の厚さは2000Åであつた。なお、この酸化物108と110とは、後のイオンドーピング工程において、オフセットゲイト領域を形成する厚さとなるので、オフセットゲイト領域の長さを上記陽極酸化工程で決めることができる。

【0034】次に、イオンドーピング法(プラズマドーピング法とも言ふ)によって、ゲイト電極部(すなわちゲイト電極107とその周囲の酸化物層108、ゲイト電極109とその周囲の酸化物層110)をマスクとして、自己整合的にPもしくはN導電型を付与する不純物を珪素膜105に添加した。ドーピングガスとして、フォスフィン(PH₃)およびジボラン(B₂H₆)を用い、前者の場合は、加速電圧を60～90kV、例えば80kV、後者の場合は、40～80kV、例えば65kVとする。ドーピング量は1×10¹⁵～8×10¹⁵cm⁻²、例えば、磷を2×10¹⁵cm⁻²、ホウ素を5×10¹⁵とした。ドーピングに際しては、一方の領域をフォトレジストで覆うことによって、それぞれの元素を選択的にドーピングした。この結果、N型の不純物領域114と116、P型の不純物領域111と113が形成され、Pチャネル型TFET(PTFT)の領域とNチャネル型TFET(NTFT)との領域を形成することができた。

【0035】その後、レーザー光の照射によってアニールをおこなった。レーザー光としては、KrFエキシマレーザー(波長248nm、パルス幅20nsec)を用いたが、他のレーザーであってもよい。レーザー光の照射条件は、エネルギー密度が200～400mJ/cm²、例えば250mJ/cm²とし、一か所につき2～10ショット、例えば2ショット照射した。このレーザー光の照射時に基板を200～450℃程度に加熱することによって、効果を増大せしめてもよい。(図1(C))

【0036】また、この工程は、可視・近赤外光を照射

する方法(RTA法)による方法でもよい。可視・近赤外線は結晶化した珪素、または燐またはホウ素が $10^{17} \sim 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 添加された非晶質珪素へは吸収されやすく、 1000°C 以上の熱アニールにも匹敵する効果的なアニールを行うことができる。燐またはホウ素が添加されていると、その不純物散乱により、近赤外線でも十分に光が吸収される。このことは肉眼による観察でも黒色であることから十分に推測がつく。その反面、ガラス基板へは吸収されにくいので、ガラス基板を高温に加熱することがなく、また短時間の処理ですむので、ガラス基板の縮みが問題となる工程においては最適な方法であるといえる。

【0037】続いて、厚さ 6000 \AA の酸化珪素膜117を層間絶縁物としてプラズマCVD法によって形成した。この層間絶縁物としてはポリイミドまたは酸化珪素とポリイミドの2層膜を利用してもよい。さらにコンタクトホールを形成して、金属材料、例えば、窒化チタンとアルミニウムの多層膜によってTFTの電極・配線118、120、119を形成した。最後に、1気圧の水素雰囲気中で 350°C 、30分のアニールを行い、TFTを相補型に構成した半導体回路を完成した。(図1(D))

【0038】特に本発明では、可視・近赤外光によるRTAT工程で生じた不対結合手を、その後の工程で、水素雰囲気において、 $250 \sim 400^\circ\text{C}$ で加熱することによって水素を添加し、中和することが重要である。このように本発明により、量産性が向上し、かつ、ゲート電極が0Vまたはゲート電極に逆バイアス電圧(NTFTの場合には負)が印加された状態のリーク電流(オフ電流)を、従来の方法に比べて1~2桁下げることができるようになった。上記に示す回路は、PTFTとNTFTとを相補型に設けたCMOS構造であるが、上記工程において、2つのTFTを同時に作り、中央で切断することにより、独立したTFTを2つ同時に作製することも可能である。

【0039】〔実施例2〕本実施例は、アクティブマトリクス型の液晶表示装置において、Nチャネル型TFTをスイッチング素子として各画素に設けた例である。以下においては、一つの画素のみについて説明するが、同時に他に多数(一般には数十万)の画素が同様な構造で形成される。また、Nチャネル型TFTではなくPチャネル型TFTでもよいことはいうまでもない。また、液晶表示装置の画素部分に設けるのではなく、周辺回路部分にも利用できる。また、イメージセンサや他の装置に利用することができる。即ち薄膜トランジスタと利用するのであれば、特にその用途が限定されるものではない。

【0040】本実施例の作製工程の概略を図2に示す。本実施例において、基板200としてはNA45ガラス基板(厚さ 1.1 mm 、 $300 \times 400 \text{ mm}$ 、歪点 610°C)を使用した。まず、下地膜として、プラズマCV

D法またはスパッタ法によって 2000 \AA の厚さの窒化アルミニウム膜201を形成し、さらにその上に他の下地膜として酸化珪素膜202をプラズマCVD法で 2000 \AA の厚さに形成した。窒化アルミニウムはガラス基板に比べ、10倍以上も熱伝導度が大きく、大面積の基板での温度の均一性を保つ上で好ましかった。また、窒化アルミニウムには、ガラス基板との熱膨張率を近づけて、密着性を向上させるために、窒素に対して酸素を $0.01 \sim 20$ 原子%添加してもよい。

10 【0041】窒化アルミニウムをプラズマCVD法によって形成するには、原料としては、トリメチルアルミニウム($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$)とアンモニアを用いればよい。また、スパッタ法によって形成するには、雰囲気を窒素、もしくはアンモニアにしてアルミニウムターゲットを用いて反応性スパッタをおこなえばよい。酸化珪素膜202のCVDの原料ガスとしてはTEOSと酸素を用いた。さらに、LPCVD法もしくはプラズマCVD法で非晶質珪素膜203を 1000 \AA 、酸化珪素膜204を 200 \AA の厚さにそれぞれ形成した。そして、 550°C で1時間、加熱アニールを行った。(図2(A))

20 【0042】この熱アニール工程の後、珪素膜をパターニング・エッチングしてTFTの島状活性層205のみを残存させ、その他を除去した。そして、島状活性層205に可視・近赤外光を照射し、珪素膜の結晶性を向上せしめた。温度は 1100°C 、時間は30秒とした。なお、窒化アルミニウムによって、熱の珪素膜での伝導が均一であるので、パターニング・エッチング工程は可視・近赤外光照射の後におこなってもよかった。(図2(B))

30 【0043】さらにテトラ・エトキシ・シラン(TEOS)を原料として、酸素雰囲気中のプラズマCVD法によって、酸化珪素のゲート絶縁膜(厚さ $700 \sim 1800 \text{ \AA}$ 、典型的には 1200 \AA)206を形成した。基板温度は 350°C とした。次に公知の多結晶珪素を主成分とした膜をLPCVD法で形成し、これをエッチングして、ゲート電極207を形成した。多結晶珪素には導電性を向上させるために不純物として燐を $0.1 \sim 5$ 原子%導入した。

40 【0044】その後、N型の不純物として、燐をイオンドーピング法で注入し、自己整合的にソース領域208、チャネル形成領域209、ドレイン領域210を形成した。そして、KrFレーザー光を照射することによって、イオン注入のために結晶性の劣化した珪素膜の結晶性を改善させた。このときにはレーザー光のエネルギー密度は $250 \sim 300 \text{ mJ/cm}^2$ とした。このレーザー照射によって、このTFTのソース/ドレインのシート抵抗は $300 \sim 800 \Omega/\text{cm}^2$ となった。なお、通常よりもドーピング濃度を低下させた低濃度ドレイン(LDD)構造とする場合には、シート抵抗は $10 \sim 200 \text{ k}\Omega/\square$ となる。レーザー照射によるアニールの工

程は可視・近赤外光のランプアニールによっておこなってもよい。(図2(C))

【0045】その後、酸化珪素またはポリイミドによって層間絶縁物211を形成し、さらに、画素電極212をITOによって形成した。そして、コンタクトホールを形成して、TFTのソース/ドレイン領域にクロム/アルミニウム多層膜で電極213、214を形成し、このうち一方の電極214はITO212にも接続するようにした。最後に、水素中で200~400℃で2時間アニールして、水素化をおこなった。このようにして、TFTを完成した。この工程は、同時に他の多数の画素領域においても同時に行われる。また、より耐湿性を向上させるために、全面に窒化珪素等でパッシベーション膜を形成してもよい。(図2(D))

【0046】本実施例で示したアクティブマトリクス画素トランジスタは、それほど的高速動作を要求されない。したがって、本実施例では、プロセス時間を短縮するために、最初の熱アニールの時間を、実施例1の場合よりも短い1時間とした。このため、本実施例で得られた珪素膜の結晶性は実施例1のものより劣っていたが、アクティブマトリクス回路のスイッチングトランジスタとしては十分な静特性・動特性が得られた。

【0047】〔実施例3〕図3を用いて、本実施例を説明する。基板は、歪点が550~650℃のガラス基板、例えばAN2(歪点616℃)を用い、実施例1のように、収縮防止のために、事前に670℃で4時間アニールした後、0.1℃/分で450℃まで徐冷した後、取り出したものを使用した。まず基板301上に下地膜302を形成し、さらに、プラズマCVD法によって厚さ300~800Åの非晶質珪素膜303と、厚さ200Åの酸化珪素膜304を成膜した。

【0048】そして、620℃、30分の加熱アニールを行った。熱アニール後、基板を2~200℃/秒の速度、好ましくは10℃/秒以上の速度で450℃までは急激に冷却した。これは、この熱アニール工程によって、基板が収縮することを防止するためである。このような急激な冷却が不可能なアニール炉においては、基板を炉外に取り出して、室温に放置することによっても同様な効果が得られる。また、ここで基板としてAN2を使用した。他に歪点が550~680℃のガラス基板、例えば、コーニング1733(歪点640℃)やLE30(歪点625℃)等の基板を使用してもよい。

【0049】本実施例では、熱アニール温度が、実施例1、2の場合よりも高く、また、AN2の歪点(616℃)よりも高いために、事前に熱処理/徐冷処理をおこなっても、基板の収縮を抑えるとは難しかった。そのような場合には、以上のようなアニール温度からの急冷が有効である。(図3(A))

次に、珪素膜303をパターンニング・エッチングして、島状の活性層領域306および307を形成した。活性

層のエッチングは垂直方向に異方性を有するRIE法によっておこなった。(図3(B))

【0050】次いで、厚さ200~3000Åの厚さの酸化珪素または窒化珪素膜307をプラズマCVD法によって形成した。窒化珪素膜の形成には、減圧CVDや光CVDを用いてもよかった。そして、実施例1と同様に可視・近赤外光のRTA処理をおこなった。条件は実施例1と同じとした。本実施例では可視・近赤外光照射の際に、酸化珪素または窒化珪素の保護膜が活性層の表面に形成されており、このため、赤外光照射の際の表面の荒れや汚染を防止することができた。(図3(C))

【0051】可視・近赤外光照射後、保護膜307を除去した。その後は実施例1と同様にゲイト絶縁膜308、ゲイト電極309、310を形成し、イオンドーピング法によって、不純物領域を形成し、これをレーザー照射によって活性化させた。(図3(D))

さらに、層間絶縁物311を形成して、これにコンタクトホールを形成し、メタル配線312、313、314を形成した。(図3(E))

【0052】このようにして、相補型TFT回路を形成した。本実施例では可視・近赤外光照射の際に活性層の表面に保護膜が形成されており、表面の荒れや汚染が防止される。このため、本実施例のTFTの特性(電界移動度やしきい値電圧)および信頼性は極めて良好であった。また、本実施例からも明らかのように、本発明はガラス転移点が550~680℃の基板材料において、特に有効であった。

【0053】

【発明の効果】熱アニール等の手段によって結晶化させた珪素膜に対して、可視・近赤外光等の波長の強光の照射を追加しておこなうことにより、結晶性を向上せしめると同時に膜質を緻密化させることができ、良好な結晶性を有した珪素膜を得ることができた。特に熱アニールを採用した場合には、その温度・時間としては520~620℃(好ましくは550~600℃)、1~4時間が好ましかった。

【0054】さらに、ゲイト絶縁膜の特性を向上させるには、本発明によって得られた結晶珪素膜上に絶縁膜を形成した後、亜酸化窒素(N₂O)やアンモニア中で可視・近赤外光等の波長の光の照射によってアニールをおこなってもよい。該工程によって、界面準位を減らすことができる。また、これらの工程の後、水素化アニールを水素雰囲気中、200~450℃での処理により、水素を珪素膜中に添加して不対結合手を除去・中和できる。

【0055】本発明では、熱アニールを採用した場合には、それに要する時間は4時間以内とすることができ、従来の数十時間から大幅に短縮できる。そして、アニール時間が従来よりも低くて短いために、アニール工程で基板に与える影響は十分に小さい。また、後のRTA工

15

程においても、用いる光の波長は $0.6 \sim 4 \mu\text{m}$ であり、基板にガラス材料を用いても、その後、急速に冷却されるため、軟化したり、収縮したりして工業的に使用できなくするほど変形することがない。このように本発明は工業上、有益であり、特に本発明は絶縁ゲイト型半導体装置の形成に極めて効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1のTFTの作製工程を示す。

【図2】 実施例2のTFTの作製工程を示す。

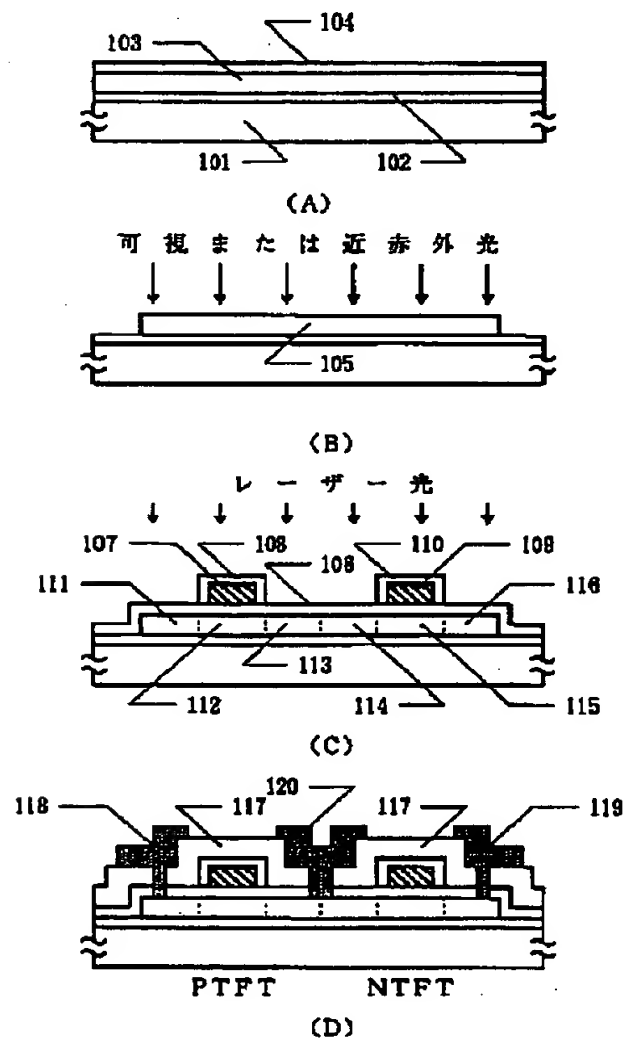
【図3】 実施例3のTFTの作製工程を示す。

【図4】 実施例1の温度設定例を示す。

【符号の説明】

101 ガラス基板

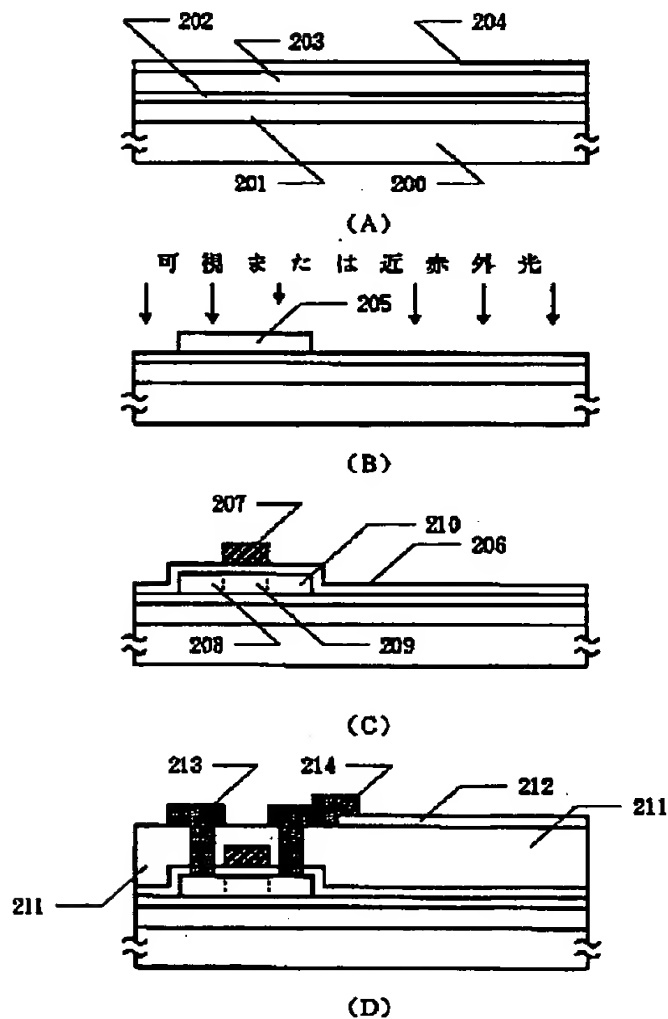
【図1】



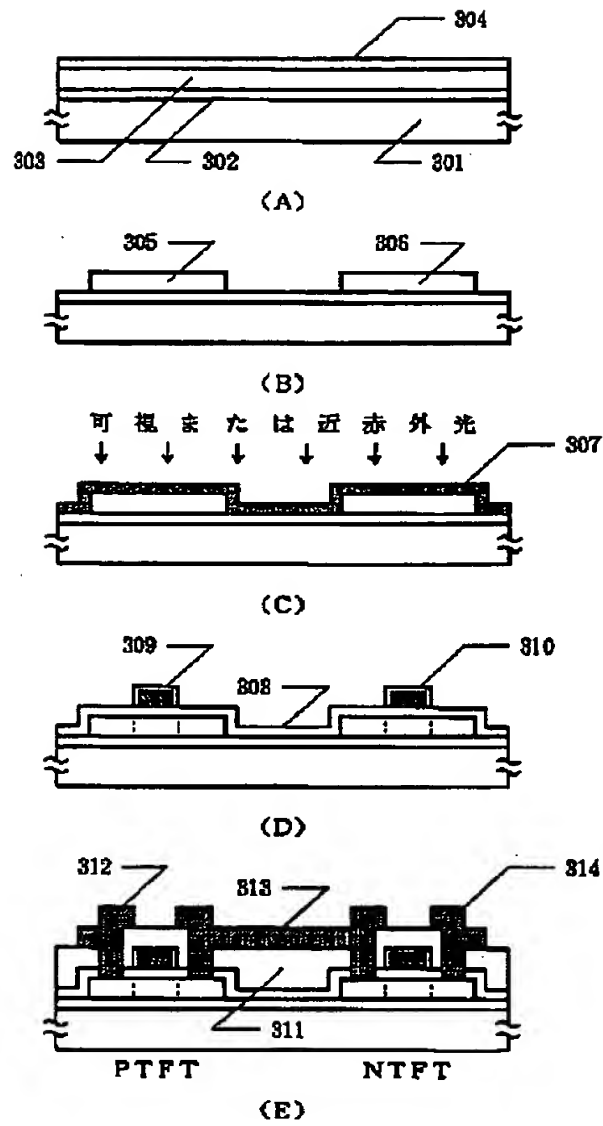
16

- 102 下地膜 (酸化珪素膜)
- 103 珪素膜
- 104 酸化珪素膜
- 105 島状珪素膜 (活性層)
- 106 ゲイト絶縁膜 (酸化珪素膜)
- 107、109 ゲイト電極 (アルミニウム)
- 108、110 陽極酸化層 (酸化アルミニウム)
- 111、114 ソース (ドレイン) 領域
- 112、115 チャネル形成領域
- 10 113、116 ドレイン (ソース) 領域
- 117 層間絶縁物
- 118~120 電極

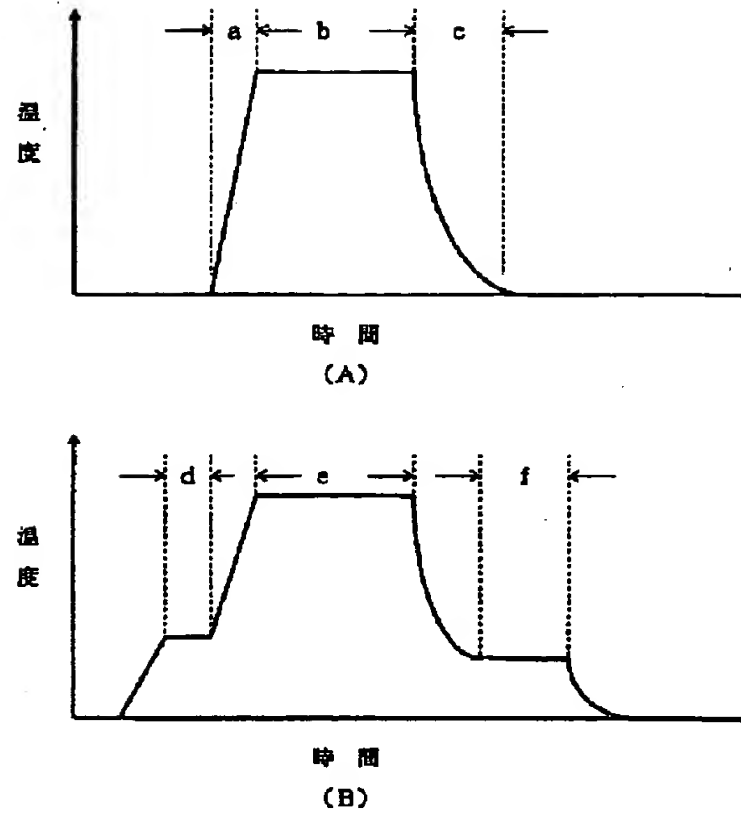
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.³

H01L 21/26
21/265
21/324

識別記号

片内整理番号

FI

技術表示箇所

Z

H01L 21/265

A